

8)FOIG □  
'D(E3\$57\$0I(E172'DE(ENGENHARIA, \$ □  
0I(E&AEN, &\$ □  
3IÖ6\*G5\$'D8\$d-Ã2 □

**DISCIPLINA: PROCESSOS DE  
SOLDAGEM**

# **ALUMINOTERMIA**

**Prof. Alexandre Queiroz Bracarense, PhD.**

**Alunos:**

**Juarez Marques de Lacerda**

**juarez@deii.cefetmg.br - 9-104-2222**

**www.newview.com.br/juarez**

**Wilson Almeida**

**wilson@des.cefetmg.br - 319-5231**

-----  
**BH, 15/06/2000**  
-----

# **SUMÁRIO**

## **1. INTRODUÇÃO**

## **2. FUNDAMENTOS DO PROCESSO ALUMINOTÉRMICO**

### **2.1. GENERALIDADES**

### **2.2. A SOLDAGEM COM THERMIT®: ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS**

## **3. APLICAÇÕES DO PROCESSO ALUMINOTÉRMICO**

### **3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS**

### **3.2. SOLDAGEM DE TRILHOS DE FERROVIAS**

### **3.3. RECICLAGEM DE LATAS DE ALUMÍNIO**

## **4. SEGURANÇA E QUALIDADE**

### **4.1. ASPECTOS DE SEGURANÇA**

### **4.2. QUALIDADE: SITUAÇÃO EM SOLDAGEM DE TRILHOS**

## **5. BIBLIOGRAFIA**

# 1. INTRODUÇÃO

O processo aluminotérmico tem sido bastante utilizado em aplicações específicas onde outros processos conhecidos de soldagem não apresentariam a flexibilidade e condições adequadas para realização no campo. É um processo sem relação com outros conhecidos, por ser baseado em reação química entre materiais ferrosos ou não ferrosos e o alumínio [Machinist(1)].

Assim, de uma forma geral, trata-se tipicamente de um processo que envolve uma reação do alumínio com um óxido metálico, dando como resultado o metal envolvido e óxido de alumínio, com liberação de calor. O processo produz coalescência de metais, pelo aquecimento dos mesmos. Seu surgimento se deu no final do século dezenove, com a denominação patentada (classe 075 e subclasse 959) "Thermit®" (às vezes dita "Thermite®") pela empresa Goldschmidt AG (West Germany) (Orgotheus Inc., USA). O químico Hans Goldschmidt descobriu que a reação exotérmica entre o pó de alumínio e um óxido metálico pode ser iniciada por uma fonte externa de calor. Por ser altamente exotérmica, esta reação pode ser auto sustentada, e pode ser com ou sem pressão. Para aplicações em soldagem, o metal de enchimento é obtido do metal líquido que se forma na reação química [O'Brien1991].

## **2. FUNDAMENTOS DO PROCESSO ALUMINOTÉRMICO**

### **2.1. GENERALIDADES**

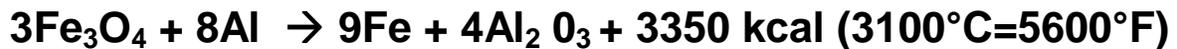
O processo da reação aluminotérmica tem como base o fato do alumínio extrair oxigênio de óxidos de outros metais para formar óxido de alumínio e liberar grande quantidade de calor, que poderá então ser aproveitado na soldagem de peças de ferro e aço de vários tamanhos. *"Por exemplo, a reação do alumínio com óxido de ferro, produz óxido de alumínio e ferro líquidos, com temperatura de 3000°C (5400°F)"* [Sheridan1996].

Por outro lado, a reação pode ser utilizada em um cilindro fechado, em bombas incendiárias e "foguetes pirotécnicos - fogos de festas" especiais para grandes alcances. Uma tocha de magnésio é utilizada para disparar o processo, com perclorato de amônia como oxidante (figura 1). Naturalmente, para estes casos, o uso é proibido e não se recomenda tentar a montagem, tanto pelo perigo que representa o seu manuseio, quanto pelos aspectos legais.

O óxido de ferro "perde seu oxigênio" para o alumínio e a reação que se segue é muito violenta e rápida, deixando o ferro fundido na base do cadinho. Esta reação é mostrada nos exemplos que se seguem.

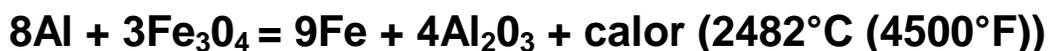
Óxido metálico + alumínio = metal + Óxido de alumínio + calor

**Primeiro exemplo:**

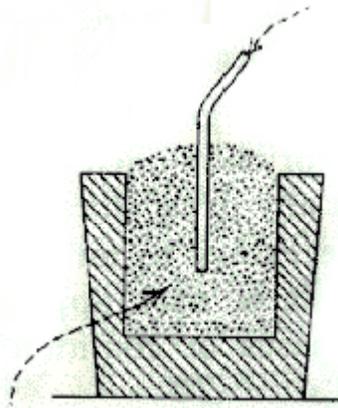


Esta reação é uma das mais utilizadas, e a relação em peso é de três partes de óxido de ferro para uma parte de alumínio. A temperatura teórica de (3100°C=5600°F) é reduzida por perdas de calor no cadinho e por radiação, além do auxílio de componentes não reagentes normalmente adicionados à mistura, para que se consiga temperatura de cerca de 2480°C=4500°F. Isto é importante, pois o alumínio vaporiza a 2500°C=4530°F. Por outro lado, esta temperatura não poderia ser muito baixa, pois a escória de alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) se solidifica a 2040°C=3700°F. Aditivos também podem ser usados para aumentar a fluidez e baixar a temperatura de solidificação da escória. Grandes quantidades de material (thermit) em soldas grandes, implicam em baixas perdas por peso de thermit, e uma reação mais completa [O'Brien1991].

**Segundo exemplo:**



magnésio



Alumínio e óxido de ferro em iguais  
proporções

**Fig. 1. Os componentes básicos para a reação aluminotérmica.**

A reação exotérmica requer cerca de 20 a 30 segundos para se efetivar, independente da quantidade de produtos químicos envolvidos.

A figura 2 ilustra em mais detalhes este processo.

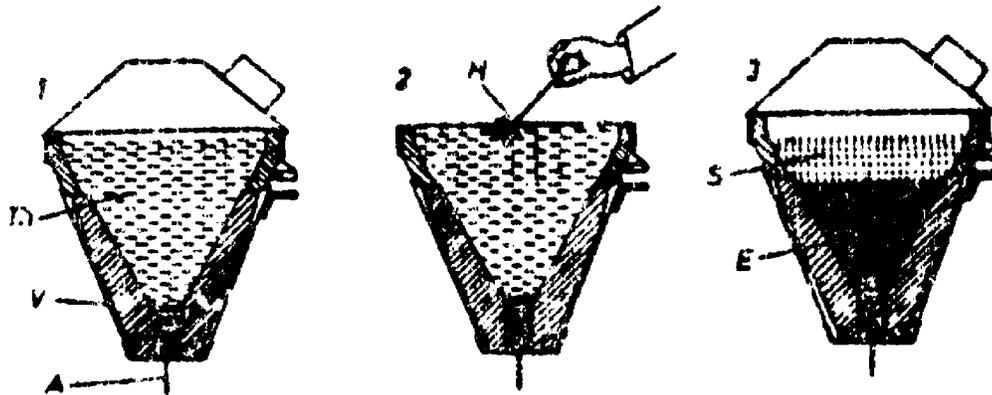


Fig. 2. Detalhamento da reação aluminotérmica, antes (1), no início (2) e após a mesma (3).

V: bujão do cadinho; A: pino para sangria; H: acendedor;  
E: aço thermit; S: escória de thermit ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) (corundo);  
Th: mistura thermit

Fonte: [Thermit do Brasil1997]

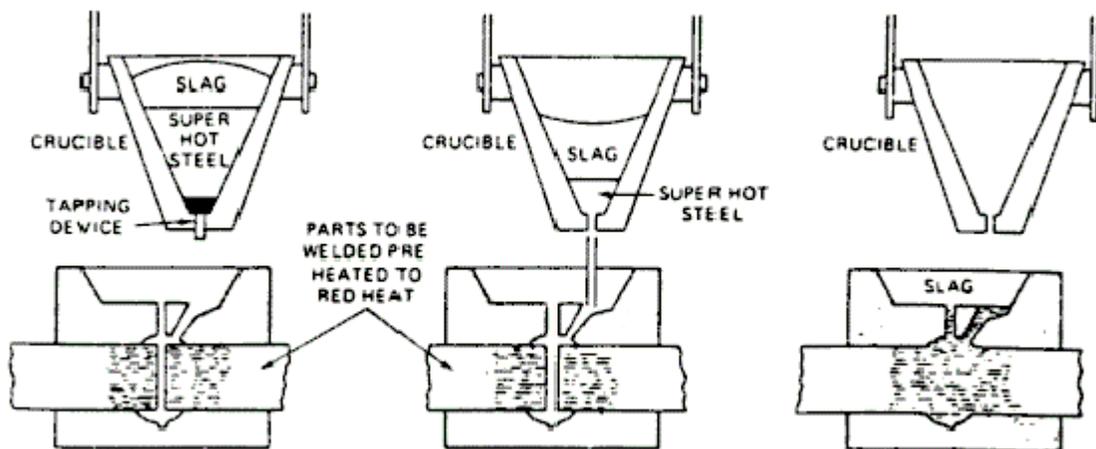
## 2.2. A SOLDAGEM COM THERMIT®: ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS

Na soldagem, as partes devem ser alinhadas e, no espaçamento entre as mesmas, o metal líquido, que escorre por gravidade em um molde específico para a aplicação, tem em torno de duas vezes a temperatura de fusão do metal base das peças, o que possibilita a soldagem em pouco tempo (figura 3). Perdas normais de calor causam a solidificação do metal e a coalescência ocorre, completando-se o processo. Para peças grandes, é necessário um pré aquecimento, dentro do molde, para

**secá-lo e colocá-lo à temperatura adequada. Tal processo guarda uma similaridade com a fundição, mas difere principalmente pela alta temperatura envolvida no mesmo.**

**A mistura pode incluir vários elementos para a composição da liga soldada, e, segundo [Cary1998], para aços carbonos pode conter carbono (0,2 a 0,3), manganês (0,5 a 0,6), silício (0,25 a 0,50), alumínio (0,07 a 0,18) e ferro. As propriedades mecânicas do thermit normal são aproximadamente as mesmas do aço carbono ("mild"). O processo é iniciado para temperaturas da mistura acima de 1300 graus Centígrados e o óxido de alumínio sobe como escória, protegendo o metal líquido dos efeitos da atmosfera.**

**Após o resfriamento, todo o excesso de material pode ser removido por processos convencionais (oxygen cutting, machining, grinding), embora a superfície da solda geralmente fique com bom acabamento.**



**Fig. 3. Passos a serem seguidos na soldagem com Thermit®.**

**Fonte: [Cary1998].**

*"A quantidade de thermit é calculada com base na quantidade de metal que se deseja para a soldagem, sendo aproximadamente três vezes esta última (em volume), e duas vezes (em peso). A solda resultante é de boa qualidade, com aspecto homogêneo, pois a duração do processo é de segundos, com resfriamento bastante uniforme ao longo da seção da junção de soldagem. Pode ocorrer encurtamento da peça soldada, porém sem maiores consequências e sem distorção angular"* [Machinist(2)].

Os aspectos positivos do processo aluminotérmico para soldagem, podem ser delineados conforme segue.

- . solda de boa qualidade
- . flexibilidade para soldagem no campo

- . tempo de execução pequeno
- . dispensa uso de energia elétrica
- . dispensa uso de complexos aparatos e equipamentos
- . as soldas podem ser feitas com as peças praticamente em qualquer posição, desde que a cavidade do cadinho tenha paredes suficientemente verticais para o metal escorrer rapidamente.

Entre os aspectos negativos do processo aluminotérmico para soldagem, que poderão se constituir em desvantagens, quando comparado com outros processos, podem ser citados:

- . a necessidade de cuidados especiais quanto à segurança do operador e do local
- . a necessidade de moldes específicos para cada aplicação
- . para peças grandes, é necessário um pré-aquecimento, além de ser necessário muito thermit para o preenchimento do espaço entre as partes, aumentando o custo da operação

## **3. APLICAÇÕES DO PROCESSO ALUMINOTÉRMICO**

### **3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS**

Considerando o tipo de componente principal a ser combinado com o alumínio, os processos aluminotérmicos mais usuais são dois. O primeiro, pelo seu uso consagrado em soldas de aços e metais ferrosos é chamado Thermit® em obediência ao nome

comercial e patenteado, conforme descrito anteriormente. O segundo, cujo nome comercial mais conhecido é o chamado "Cadweld", tem como base o uso de metais não ferrosos como o cobre, principalmente na indústria elétrica.

As aplicações utilizando estes dois processos básicos podem ser várias, dentre as quais:

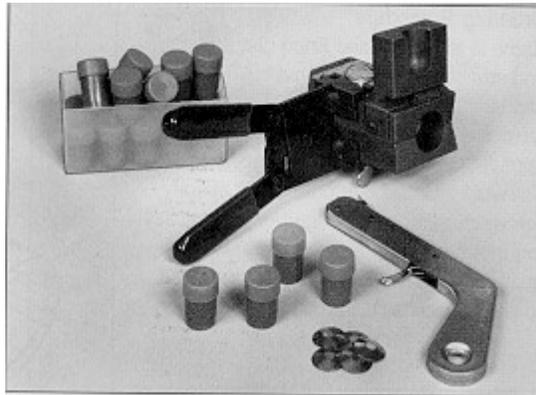
- . soldagem de trilhos de ferrovias
- . soldagens de cabos e fios elétricos
- . soldagens de reparos
- . soldagens de reforço de barras
- . tratamento térmico de soldas (sem soldagem propriamente dita)
- . reciclagem de latas de alumínio

A soldagem de trilhos de ferrovias é das mais importantes, principalmente em países com malha ferroviária extensa, e por isto será tratada em mais detalhes adiante.

A soldagens de cabos e fios elétricos é importante, mas restrita a alguns casos, da conexão de cobre para a qual a simples conexão mecânica não apresenta as características elétricas desejadas. Como a indústria de conectores para energia e comunicações tem evoluído bastante nos últimos anos, a necessidade de conexões soldadas nem sempre é imperiosa. Este processo é utilizado também para soldagem de cabos de terra de trilhos de ferrovias. Esta é uma variação do processo Thermit®, para soldagem de materiais não ferrosos, como em condutores elétricos. A reação exotérmica é a

redução do óxido de cobre pelo alumínio, produzindo cobre líquido superaquecido. Na soldagem de cabos elétricos, os moldes são feitos de grafite e podem ser reutilizados muitas vezes. As partes devem ser cuidadosamente limpas, com fluxo de material apropriado para retirada de resíduos. Há kits especiais no mercado que possibilitam estas operações com facilidade, na soldagem de cabos de diferentes tamanhos. Com estes kits, o material já vem misturado, incluindo o "ignitor" (magnésio) de tal forma que basta um bom isqueiro ou similar para começar o processo.

A figura 4 mostra um equipamento Cadweld utilizado na solda de cabos elétricos, que, segundo o fabricante, terá a mesma capacidade elétrica que os condutor original. As aplicações do Cadweld são boas para partes enterradas de cabos elétricos, canos, tubos, tanques e partes que necessitam de proteção catódica. O equipamento Cadweld tipo CAVH é projetado para soldas verticais em tubos de ferro fundido ou qualquer estrutura de ferro fundido com superfície plana. O metal de soldagem é fornecido em separado em tubos plásticos e não entra em combustão espontaneamente, dispensando cuidados excessivos no transporte e armazenamento.



**Fig. 4. Aparato para soldagem de cabos elétricos, que suporta entre 50 e 100 soldagens.  
Fonte [Corrpro2000].**

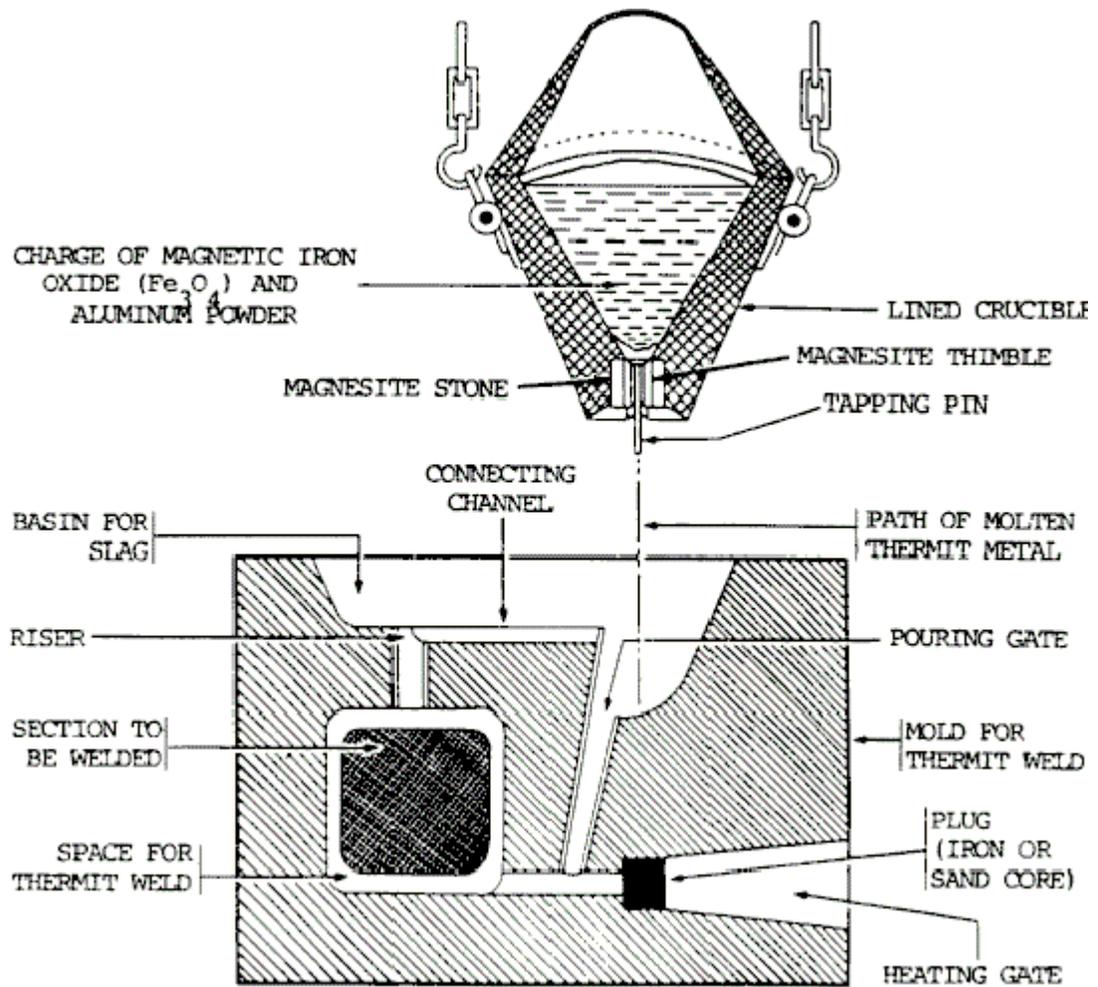
**A soldagens de reparos são aplicações tipicamente não repetitivas, necessitando de moldes fabricados a cada aplicação. As peças são espaçadas a distância de 2 a 6 mm, para permitir contração no resfriamento. Esta aplicação tem sido utilizada na indústria naval e em siderurgia. Nesta última, sustentadores ("wobblers") dos extremos de laminadores podem ser substituídos por peças robustas feitas de thermit. Em geral, onde é necessária grande quantidade de material para compor trincas e fraturas, e/ou onde o calor de fusão não pode ser conseguido por outros processos, o processo Thermit® é recomendado.**

**As soldagens de reforço de barras de aço com Thermit® sem pré-aquecimento, é uma boa alternativa para emendar ou unir duas barras. O reforçamento contínuo das barras permite o projeto de colunas ou feixes menores em seção quando comparado a barras não soldadas.**

**O tratamento térmico de soldas, utilizando Thermit® sem soldagem propriamente dita, apenas produz o calor em ligas de aços, com a temperatura sendo ajustada pela escolha adequada dos componentes da mistura.**

**A reciclagem de latas de alumínio será tratada em separado neste trabalho.**

**O equipamento necessário para soldagem com Thermit® é mostrado na figura 5. A pedra de magnésio é queimada na parte inferior do cadinho, dando passagem ao material aquecido que se forma. Um pino direciona o furo pelo dedal que dá passagem ao material para alcançar o molde. Este pino é coberto com uma anilha ("washer") resistente ao fogo e com areia refratária. A mistura é colocada no cadinho e a preparação das partes a serem soldadas segue os passos exigidos em cada aplicação. O molde é feito de areia refratária por cima de um padrão de cera devidamente trabalhado na junção. O molde é aquecido para secar e retirar a cera. Tal molde deve ter saída de gases, além de permitir que o metal escorra sobre a área de soldagem.**

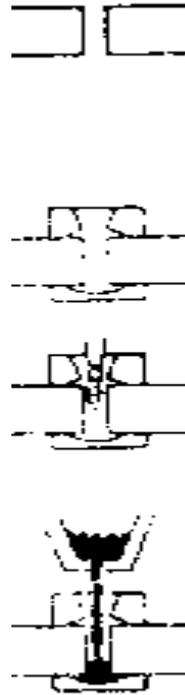


**Fig. 5. Equipamento básico para solda com Thermit®.**  
**Fonte: [Machinist(2)].**

## **3.2. SOLDAGEM DE TRILHOS DE FERROVIAS E OUTROS**

A parte operacional do processo, quando utilizado em soldagem de trilhos ferroviários e também de trilhos

especiais para pontes rolantes envolve alguns estágios de preparação e cuidados, como mostrados na figura 6.



**Fig. 6. Estágios na preparação das peças a serem soldadas. De cima para baixo: alinhamento das peças e estabelecimento da folga; colocação do molde refratário; pré-aquecimento por maçarico; corrida de aço Thermit® e soldagem por inter e circunfundição.**

**Fonte: [Thermit do Brasil1997]**

Todos os elementos de um trilho (boleto, alma e patim) são sujeitas ao processo de soldagem, em sua seção reta.

Com a crescente utilização de velocidades e frequências de utilização (carga de trabalho ou densidade de tráfego) cada vez maiores nas ferrovias e o emprego de pontes rolantes comandadas à distância por sistemas eletrônicos, exige-se também o emprego de técnicas mais ágeis e precisas na união daqueles componentes.

Para soldagem de trilhos são empregados atualmente três métodos tecnologicamente equivalentes, cuja diferença principal consiste no modo de conduzir o calor às extremidades dos trilhos.

#### *Primeiro método:*

##### *Processo de soldagem com nervura chata*

Neste processo as pontas dos trilhos são envolvidas com formas pré-fabricadas e preaquecidas até uma temperatura de aproximadamente 1.000 0C. O tempo de pré-aquecimento depende do perfil do trilho, durando em média de 5 a 9 minutos.

O emprego deste processo é notadamente econômico quando se dispõe de intervalos maiores de 25 minutos entre os trens.

#### *Segundo método:*

##### *Processo de soldagem com pré-aquecimento curto*

Para a soldagem em linhas com tráfego denso, o processo com pré-aquecimento curto apresenta, mesmo com um custo mais elevado devido ao uso de maiores porções da mistura, apreciável vantagem pela economia de tempo de execução.

O pré-aquecimento curto, de somente 1 a 2 minutos, eleva a temperatura das pontas a aproximadamente 600 0C e garante, simultaneamente, a eliminação total da umidade nos trilhos e nos moldes. A parte preponderante da energia para a fusão das pontas dos trilhos é fornecida pelo maior volume da porção THERMIT.

O processo em questão pode ser executado por dois soldadores bem treinados, dentro de intervalos de 12 a 15 minutos.

### Terceiro método:

#### Processo de soldagem com câmara de pré-aquecimento solidária ao cadinho

Segundo este método, o pré-aquecimento é dado pela próprio metal fundido que escorre para uma câmara na parte inferior do cadinho. Este método é descrito por [O'Brien1991] como método de soldagem sem pré-aquecimento, no sentido que o mesmo não é feito por fonte externa de calor. Neste caso, as Zonas Afetadas pelo Calor, nas seções adjacentes do trilho, são muito menores que na modalidade com pré-aquecimento externo.

Para a soldagem de trilhos de fenda (bonde), trilhos de ponte rolante e trilhos condutores (metrôs), bem como perfis especiais, o tempo de pré-aquecimento, a quantidade e características da mistura thermit são próprias para cada situação.

A figura 7 mostra o sistema de cadinho para soldagem de trilhos no local da própria ferrovia, e a figura 8 mostra detalhe da instalação das juntas.



**Fig. 7. O sistema de cadinho para soldagem de trilhos.  
Fonte: [ETG2000].**



**Fig. 8. Instalação de juntas de trilhos.  
Fonte: [ETG2000].**

### **3.3. RECICLAGEM DE LATAS DE ALUMÍNIO**

**Esta aplicação tem um valor muito grande devido ao seu impacto e apelo ambiental. O exemplo citado aqui se refere ao desenvolvimento no Japão, pela empresa HAINETTO CORP., em conjunto com o Ube National College of Technology (Ube-City, Japan), de equipamento para a fusão e a solidificação de resíduos com latas**

--

usadas de alumínio [Hainetto1997], além do equipamento móvel de recolhimento e preparação de latas usadas, desenvolvido e fabricado segundo o convênio citado.

O uso de latas de alumínio tem crescido muito nos últimos anos, devido à sua praticidade, pequeno peso, baixo custo e estabilidade química. No Japão das latas que foram recicladas no ano fiscal de 1996, 70,2 % eram de alumínio.

O processo apresentado aqui prevê a reutilização de latas usadas de alumínio. O processo Thermit® tem sido utilizado na fusão e solidificação de resíduos em forma de cinzas, contendo substâncias tóxicas, tais como metais pesados. As cinzas misturadas com alumínio em pó e amassado ou em pedaços, juntamente com óxidos metálicos, são colocadas em fornos nos quais se promove a reação thermit, até que a mistura acabe (figuras 9 e 10). A alta temperatura (acima de 2000 graus centígrados) faz surgir uma escória com aspecto vitrificado, com as substâncias tóxicas solidificadas e estabilizadas. Esta escória é então fornecida para indústrias pesadas, de construção civil, transportes e outras.



**Fig. 9. Forno de reciclagem de latas.  
Fonte: [Hainetto1997].**



**Fig. 10. A escória liquefeita vai para um vaso de  
resfriamento.  
Fonte: [Hainetto1997].**

As figuras 11 a 13 mostram o equipamento para o processo de recolhimento e "deformação" das latas, amassando-as para transporte e posterior processamento nos fornos com Thermit®.



**Fig. 11. O veículo com o equipamento para recolhimento e processamento das latas.  
Fonte: [Hainetto1997].**



**Fig. 12. A mangueira recolhe as latas amontoadas.  
Fonte: [Hainetto1997].**



**Fig. 13. As latas são amassadas e o volume total é  
drasticamente reduzido (14 vezes).  
Fonte: [Hainetto1997].**

--

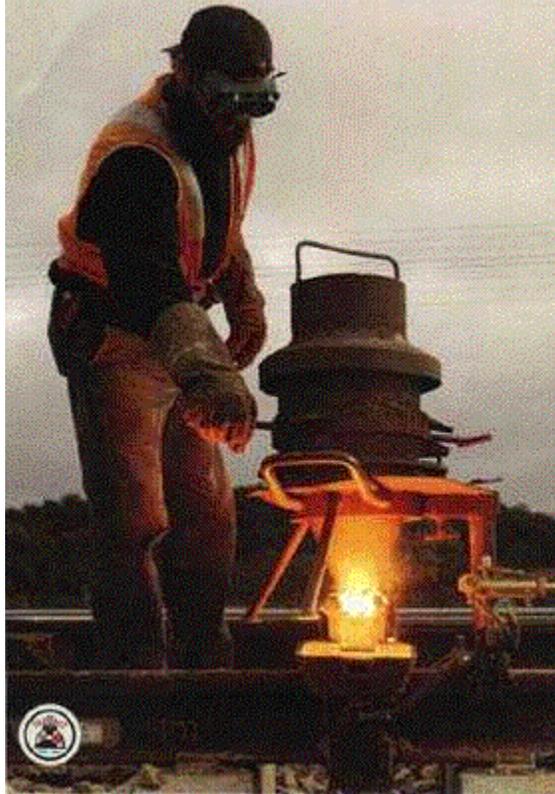
A legislação japonesa se tornou mais rígida a partir de abril de 1997, sobrecarregando os governos locais e conclamando a população a separar os materiais recicláveis dos não recicláveis, para o lixo. Os municípios devem coletar, selecionar e transportar o material para postos de processamento. Os fabricantes devem cuidar da reciclagem das partes do lixo que os mesmos deram origem. Embora leves, as latas de alumínio e garrafas PET dão trabalho no transporte pelo seu grande volume, o que torna uma máquina de encolhimento destes materiais, um grande aliado do meio ambiente, reduzindo os custos de coleta, armazenamento e transporte, além de conferir grande flexibilidade e menores tempos de processamento destes materiais, evitando-se proliferação de insetos e transmissores de doenças diversas. A diminuição do volume a ser transportado chega a 14 vezes do original. Além disto, a separação destas latas já amassadas, propicia facilidades na posterior separação das mesmas, em relação a materiais de diferentes propriedades eletromagnéticas, de peso específico, etc.

## **4. SEGURANÇA E QUALIDADE**

### **4.1. ASPECTOS DE SEGURANÇA**

Os aspectos de segurança mais importantes quanto à utilização do Thermit® (figura 14) dizem respeito à humidade no cadinho ou nas peças a serem soldadas, que pode levar à formação rápida de vapor, cuja pressão poderá ejetar metal líquido para fora do cadinho. Isto leva à necessidade de alguns cuidados adicionais que são:

- . guardar a mistura thermit em lugar seco, pois, molhada uma vez, a mistura fica inutilizada
- . o cadinho deve ser seco (e limpo) antes de usar
- . vedar a entrada de humidade antes e durante a soldagem
- . a área deve ser livre de combustíveis e materiais em forma líquida, gasosa, sólida, especialmente pós, que possam ter combustão iniciada por fagulhas ou partículas de metal superaquecido
- . a área deve ser bem ventilada para evitar a formação de fumaças e gases
- . os profissionais devem usar proteção contra partículas quentes e fagulhas (luvas, protetores faciais e para os olhos, capacete, botas e roupas apropriadas e sem bolsos para não receber as partículas e fagulhas)



**Fig. 14. Manuseio do equipamento para a solda.  
Fonte: [Thermit Australia2000]**

## **4.2. QUALIDADE: SITUAÇÃO EM SOLDAGEM DE TRILHOS**

**Para o caso de soldagem de trilhos, os fabricantes especializados fornecem as porções aluminotérmicas próprias para a soldagem de cada tipo de trilho e de acordo com a respectiva resistência à tração dos mesmos. A quantidade de aço, produzida pela reação, é**

suficiente para a execução de soldas perfeitas, desde que observados os seguintes requisitos:

- *as porções de solda não podem ser alteradas, ou seja, somente deverão ser usadas nos volumes fornecidos*
- *as formas devem ser fabricadas com uso de modelos da alumínio originais, próprios para os respectivos perfis de trilho e processo de soldagem*
- *os espaços entre os topos dos trilhos deverão obedecer às instruções prescritas e os cortes devem ser feitos de modo que a face do do topo do trilho constitua uma seção rigorosamente perpendicular à seção longitudinal do trilho*
- *os topos dos trilhos a soldar não podem conter ferrugem ou substâncias oleosas*
- *a execução da soldagem deverá seguir rigorosamente as instruções de serviço*

A massa aluminotérmica Thermit consiste de uma mistura estequiométrica (proporção dos componentes) de óxido de ferro com grãos de alumínio e elementos de aceração com um peso volumétrico de aproximadamente 2,17 kg/dm<sup>3</sup> . Com uma inflamação inicial de aproximadamente 1.300 0C, a mistura reage de maneira exotérmica, dando como resultado da reação a precipitação de ferro em estado puro e escória. Pelo fato da porção conter granulados finos de aço e os elementos essenciais de aceração, a produção de ferro é aumentada e o mesmo quando liquefeito, é transformado em aço de alta qualidade.

Algumas particularidades na soldagem de trilhos de alta resistência ao desgaste são tratadas a seguir. A execução de soldagem de trilhos com resistência mínima

à tração de 90 a 110 kg/mm<sup>2</sup> segue algumas regras particulares com o objetivo de reduzir a velocidade de resfriamento a fim de se evitar a formação de estruturas metalúrgicas indesejáveis.

Em situações climáticas desfavoráveis (temperaturas menores do que 17 oC), deverão ser tomadas as seguintes providências :

- antes da colocação da forma, ambas as extremidades dos trilhos deverão ser aquecidas, a partir dos topos, numa extensão de 1 a 1,5 m a uma temperatura tépida;
- deve-se usar a placa de apoio para melhor retenção do calor no patim do trilho;
- após a sangria, o boleto e o patim devem ser aquecidos em ambos os lados da solda, na largura da chama do maçarico de préaquecimento, de maneira uniforme por 2 minutos para que se detenha a radiação do calor;
- para os trabalhos de acabamento de soldagem, a forma deve ser retirada somente do boleto e colocada em local protegido. Após o boleto ter sido rebarbado, nele é recolocada a forma para que o resfriamento seja mais demorado;
- o local da solda deverá ser coberto com um isolante térmico forrado de amianto durante 15 minutos;
- somente após o resfriamento da solda é que deve ser retirada a placa de apoio, eliminados os restos de forma e quebrados os maçalotes.

Deve ser observado que, abaixo de 10 graus centígrados a realização da solda fica extremamente dificultada, devido ao seu rápido resfriamento.

**Geralmente, as soldagens aluminotérmicas não apresentam falhas as falhas, desde que observados os seguintes cuidados:**

- executar a solda, observando rigorosamente as normas estabelecidas;**
- utilizar equipamentos e formas em perfeito estado;**
- empregar porções de acordo com o perfil do trilho a ser soldado e seu tipo de aço**

**Erros grosseiros de execução ocasionam, nas soldagens, locais com falhas às vezes imperceptíveis exteriormente. Alguns destes erros são:**

- redução da folga entre trilhos e do tempo de préaquecimento - resulta em poros e pontos com falta de ligação;**
- colocação da forma descentrada em relação à folga entre trilhos - impossibilita o préaquecimento correto das extremidades destes, prejudicando bastante a diluição durante o escoamento do metal de adição;**
- negligência na vedação da forma - provoca penetração de areia no interior da forma ocasionando inclusões de areia no patim;**
- soldagem de trilhos novos a trilhos velhos - pode ocasionar penetração de areia na cavidade da forma devido ao desgaste do trilho usado;**
- umidade no cadinho - a porção não reage devidamente, provocando forte porosidade;**
- umidade na porção - desenvolve uma reação irregular causando porosidade e inclusão de escória.**

**O CONTROLE DE QUALIDADE DE SOLDA com thermit, para aplicações em ferrovias, em via permanente, para efeito de liberação do trânsito, limita-se, geralmente, ao exame dos indicadores externos de qualidade, tais como:**

- alinhamento do boleto e da borda de rolamento**
- aparência da solda, isenta de fissuras, porosidade ou inclusão de escória na sua superfície**

**Em casos específicos podem ser executados, na via, determinações de dureza, usando-se instrumentos portáteis como por exemplo, o martelo de Poldi, etc.**

**Para testes não destrutivos, introduziu-se nos últimos anos o ultra-som, por constituir-se num método rápido e relativamente simples na detecção de falhas em ligações soldadas**

**Para averiguar-se a resistência estática, o ensaio de ruptura forçada é o mais importante e indicado, por permitir que o rompimento da solda ocorra no seu ponto mais frágil, revelando eventuais imperfeições da solda após a ruptura.**

**O ensaio de ruptura é realizado numa prensa. O trilho é assentado com o patim sobre dois apoios distanciados de 1 metro, de forma que o martelo da prensa aja sobre o boleto no centro da solda. A carga é aplicada lentamente, aumentando-se gradativamente até a ruptura. Os valores significativos deste ensaio são a carga de ruptura e a flecha existente no instante da ruptura. Outros indicadores importantes da qualidade são a localização e o aspecto da ruptura.**

O ensaio de ruptura não só é o teste mais importante na comprovação da qualidade de uma solda, mas também é uma exigência que a maioria das ferrovias do mundo impõe para o recebimento das porções dentro dos padrões pre-estabelecido.

A flecha no instante da ruptura não pode ser inferior a 10mm.

A superfície de ruptura da solda deverá uma granulação fina e cinza, nunca espelhada. Somente será admitida a existência de poros isolados se os mesmos não ultrapassarem um diâmetro de 5mm, e não estiverem em contato com a superfície externa do trilho.

A figura 15 mostra o equipamento utilizado para ensaios de fadiga em soldas Thermit®. A patente norte americana número 3.960.005 se refere a dispositivo de teste por ultrassom, aplicável a soldas Thermit® realizadas em trilhos férreos [Uspto2000].



**Fig. 15. Teste de fadiga em soldas Thermit®.  
Fonte: [ETG2000].**

## 5. BIBLIOGRAFIA

[Cary1998] cary, Howard B., Modern Welding Technology, 4<sup>th</sup> ed., 7-4 Thermit Welding, Columbus (Ohio): Prentice Hall, 1998, p223-226;

[Corrpro2000] [www.corrpro.com](http://www.corrpro.com) ;

[ETG2000] Railway Technology - Elektro-Thermit Group of Companies, [www.elektro-thermit.de](http://www.elektro-thermit.de) / [www.railway-technonology.com](http://www.railway-technonology.com) ;

[Hainetto1997] [www.ub\\_k.ac.jp/M\\$T/Lab.Ash\\_melt.htm](http://www.ub_k.ac.jp/M$T/Lab.Ash_melt.htm) ;

[Machinist(1)] WELDING AND CUTTING EQUIPMENT, CHAPTER 5, [www.machinist.org/army\\_welding/Ch5.htm](http://www.machinist.org/army_welding/Ch5.htm) \ CH5.HTM;

... (2) WELDING TECHNIQUES, CHAPTER 6, [www.machinist.org/army\\_welding/Ch6.htm](http://www.machinist.org/army_welding/Ch6.htm) \ CH6.HTM;

[O'Brien1991] O'Brien, R. L., ed., Thermit Welding, In: Other Welding Processes, Ch. 29, Welding Handbook, 8<sup>th</sup>. Ed., Miami: AWS, 1991, p.892-899;

[Sheridan1996], Sheridan, William D. Reference Data Sheet for Aluminum, Meridian One Consulting Engineers, [www.mcs.com](http://www.mcs.com), august, 1996;

[Thermit Australia2000] [www.export2000.com.au](http://www.export2000.com.au) ;

[Thermit do Brasil1997], Manual de Instruções para a Soldagem Thermit, RJ: Thermit do Brasil, 1997, 63p.;

[Uspto2000] [www.patents.uspto.gov](http://www.patents.uspto.gov) .

## SITES (COM DESCRIÇÃO E FERRAMENTAS DE BUSCA):

### 1. Thermit Welding (GB) Ltd.

THERMIT WELDING (GB) LTD. **Thermit Welding** (GB) Ltd. 87 Ferry Lane, Rainham Essex, RM13 9YH England Telephone: Facsimile: Email: ®**THERMIT** is a registered trademark of Th. Found by: Excite, FAST Search, Magellan <http://www.thermitwelding.demon.co.uk/>

### 2. Rapid Rail Installation Specialists - Thermit Welding

**Thermit® Welding** **Thermit® Welding** is a specialist **welding** process for the joining of rail steels. The **Thermit®** compound is a mixture of metal oxides, alloying elements and a reducing agent. These react to form the metal, simultaneously liberating Found by: AltaVista, Excite, FAST Search, Magellan <http://www.rapidrail.co.uk/RAPTHERM.HTM>

### 3. Welding: Health & Safety - Woodhead Publishing Ltd, Cambridge UK

Health and safety publications for the **welding** industry: The environment and the joining industry; Health and safety in **welding** and allied processes; The facts about fume; **Welding** fume

Found by: AltaVista, EuroSeek, FAST Search, Infoseek, MSN Web Search, Yahoo!

<http://www.woodhead-publishing.com/welding/health.html>

#### 4. welding

Orgo-Thermit, Inc. is a worldwide leader in the manufacture of thermit® rail welding kits and accessories. SkV thermit® welds are available for most United States and foreign rail sections.

Found by: Excite, FAST Search, Magellan

<http://www.orgothermit.com/welding.html>

#### 5. Links to WWW sites relevant to TWI activities: Welding and joinin

An annotated list of links to other websites on welding, allied processes and other forms of joining. Includes national welding organisations, research and educational establishments but not commercial companies.

Found by: EuroSeek, Excite, FAST Search, Infoseek, Magellan

<http://www.twi.co.uk/weldlink.html>

#### 6. Welding Technology

This page is constantly updated, please check back fusion inc. O.E.M. Representatives. Welding Joining two or more pieces by applying heat, pressure, or both, to produce a localized union through fusion or recrystallization across the interface...

Found by: FAST Search, MSN Web Search, Yahoo!

<http://www.bh1.com/fusion/welding.htm>

#### 7. Gantrail - Thermit Welding

## Thermit Welding

Found by: FAST Search

<http://www.gantry.co.uk/thermitweld.html>